

Рис.1. Сечения кольцевых деталей и поковок из сплава 5В (слева) и стали 45:
1, 2 – поковки, кованые на прессе и раскатанные на стане; 3 – детали.

Выводы. Разработана технология изготовления кольцевых поковок из титанового сплава 5В, позволяющая за счет осадки и прошивки аномально высоких заготовок с большим коэффициентом укова и двухпереходной раскатки бандажей с примерно равными коэффициентами обжатия по переходам обеспечить высокую точность размеров поковок и уровень их физико-механических свойств.

Список литературы: 1. Кольцепрокатные станы «Wagner Banning» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.sms-meer.com/> 2. Аубакирова Р.К. Сверхпластичность некоторых титановых сплавов [Текст] / Р.К.Аубакирова, А.А.Пресняков, С.С.Ушков, А.Н.Байдельдинова.- Алма-Ата : Наука, 1987.- 212 с. 3. Анищенко А.С. Горячая раскатка точных кольцевых поковок [Текст] / А.С.Анищенко, Ю.В.Феофанов, А.Б.Богун.- Химическое и нефтяное машиностроение, 1992, №11.- С.33-35. 4. Соколов Л.М. Технология кування: посібник для самостійної роботи студентів [Текст] / Л.М.Соколов, І.С.Алієв, О.Є.Марков, Л.І.Алієва. – Краматорськ : ДДМА, 2010.- 300 с.

Поступила в редколлегию 26. 10. 2011.

УДК 621.777.4

АЛИЕВА Л. И., канд. техн. наук, доц., ДГМА, Краматорск
МАРТЫНОВ С. В., ассистент ДГМА, Краматорск
АКИМЕНКО И. К., студентка ДГМА, Краматорск

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СИЛОВЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРИ ВЫСАДКЕ ВНУТРЕННИХ ФЛАНЦЕВ

Енергетичним методом отримані розрахункові залежності приведенного тиску деформування і тиску на внутрішній стінці матриці при висадці внутрішніх фланців з трубчастої заготовки. Встановлено вплив висоти фланця, внутрішнього радіуса фланця, радіуса оправки і тертя на силові параметри процесу формоутворення втулок із внутрішнім фланцем. Проведено скінчено-елементне моделювання силового режиму висадки фланця в пакеті QForm. Перевищення розрахункових даних над експериментальними склало для енергетичного методу 8%, для методу скінчених елементів 5%.

Upper bound method by the calculated dependence of the reduced pressure strain and pressure on the inner wall of the matrix during the landing internal flange of tubular workpiece. The influence of the height of the flange, the inner radius of the flange, the radius of the mandrel and the friction on the force parameters of the process of forming sleeves with an inner flange. A finite-element simulation power mode landing flange package QForm. The excess of the calculated data on the experimental amounted to 8% of the upper bound method for finite element method 5%.

Энергетическим методом получены расчетные зависимости приведенного давления деформирования и давления на внутренней стенке матрицы при высадке внутренних фланцев из трубчатой заготовки. Установлено влияние высоты фланца, внутреннего радиуса фланца, радиуса оправки и трения на силовые параметры процесса формообразования втулок с внутренним фланцем. Проведено конечно-элементное моделирование силового режима высадки фланца в пакете QForm. Превышение расчетных данных над экспериментальными составило для энергетического метода 8 %, для метода конечных элементов 5 %.

Для получения деталей типа втулок с внутренним фланцем используют наряду с традиционными методами обработки металлов, такими как литье, механообработка, горячая объемная штамповка, способы точной объемной штамповки, проводимых на холодно. При холодной объемной штамповке достигается: деформационное упрочнение, отсутствие надразов, направленность волокна вдоль конфигурации штампованной заготовки, деформационное упрочнение. Штамповка позволяет получать детали, требующие минимальной обработки резанием, а иногда и полностью исключает применение последней. При этом повышается коэффициент использования металла, динамическая и статическая прочность детали [1, 2].

Одним из эффективных способов получения полых деталей с внутренним фланцем является высадка фланца из трубной заготовки [3, 4, 5], характеризующаяся течением металла в поперечном к оси направлении. Характерной особенностью процесса высадки является сложный режим силового воздействия, как на деформируемую заготовку, так и на элементы штамповой оснастки [6]. Помимо давления деформирования, необходимо знать давление на стенке матрицы, подвергающейся растягивающим окружным напряжениям, для определения количества бандажей, их размеров и материала составных деталей бандажированной матрицы. В литературе отсутствуют данные для определения приведенного давления деформирования и давления на стенке матрицы при высадке внутренних фланцев из трубной заготовки.

Цель данного исследования – определение энергосиловых параметров при высадке внутренних фланцев.

Для решения поставленной задачи используем энергетический метод [7]. Объем металла, который деформируется условно разбито на ряд элементарных зон (рис.1, а), из которых зону 3 принимаем «жесткой», а другие пластическими. Принимаем, что деформированный материал однородный и неупрочняемый ($\sigma_i = \sigma_s$), скорость движения пуансона и виртуальная скорость стенки матрицы постоянные и равные соответственно V_0 и W_0 , касательные напряжения на контакте постоянные и пропорциональные σ_s , т.е.:

$$\tau_k = \mu \cdot \frac{2}{\sqrt{3}} \cdot \sigma_s, \quad (0 \leq \mu \leq 0.5)$$

Кинематически граничные условия для 1й и 2й зоны представляем в следующем виде:

$$z = 0; \quad V_z = 0; \quad r = R_1; \quad V_r = -W_0; \quad (1)$$

$$z = h; \quad V_z = -V_0; \quad r = R_k; \quad V_r = -W_0 \frac{R_l}{R_k} - V_0 \frac{R_l^2 - R_k^2}{2hR_k}. \quad (2)$$

Кинематически возможные поля скоростей 1й и 2й зоны представляем в виде формул 3 и 4:

$$V_z = -\frac{V_0}{h} z; \quad (3)$$

$$V_r = -W_0 \frac{R_l}{r} - V_0 \frac{R_l^2 - r^2}{2hr}; \quad (4)$$

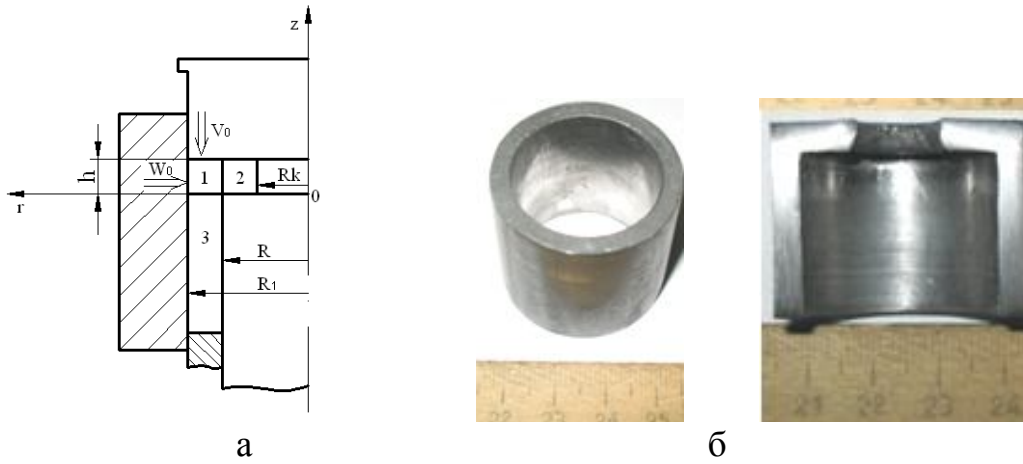


Рис. 1. Схема процесса высадки (а); заготовка и деталь, полученная высадкой (б)

Проводим линеаризацию по максимальной скорости деформации с помощью формулы 5:

$$\begin{aligned} \varepsilon_{i1,2} &= 1.08 \left| \dot{\varepsilon}_{max} \right| = 1.08 \left| \dot{\varepsilon}_r \right| = 1.08 \left(\frac{W_0 R_l}{r^2} + V_0 \frac{R_l^2 + r^2}{2hr^2} \right) = \\ &= \frac{1.08 W_0 R_l}{r^2} + \frac{1.08 V_0 R_l^2}{2hr^2} + \frac{1.08 V_0}{2h} \end{aligned} \quad (5)$$

Значение удельных усилий деформирования определяем из условия равенства мощностей внешних и внутренних сил на кинематически возможных скоростях перемещений, формула (6):

$$p \cdot V_0 \cdot \sigma_s \cdot \pi (R_l^2 - R_k^2) + q \cdot W_0 \cdot \sigma_s \cdot 2\pi \cdot R_l \cdot h = \sum_{i=1}^1 N_{\phi_i} + \sum_{j=1}^1 N_{c_j} + \sum_{k=1}^3 N_{T_k} \quad (6)$$

где N_{ϕ} - мощности пластической деформации в зонах 1, 2;

N_c - мощности сил среза на поверхностях разрыва скоростей между зонами 1 и 3;

N_T - мощности сил контактного трения заготовки и инструмента между зонами 2 и оправкой, 1,2 и пуансоном, 1 и матрицей.

После вычисления мощностей сил пластической деформации, среза и контактного трения на соответствующих плоскостях, производим группировку членов уравнения, содержащих активные и виртуальные скорости перемещения (пуансона и матрицы). Произведя перегруппировку членов уравнения, содержащих скорости перемещения пуансона V_0 и оправки W_0 после сокращения на площади контактных поверхностей, скорости перемещения и на сопротивление деформированию получим зависимости для определения значений приведенного давления высадки и приведенного давления на матрицу.

Находим приведенное давление деформирования \bar{p} и давления на матрицу \bar{q} :

$$\bar{p} = \frac{1.08 \cdot \ln\left(\frac{1}{\bar{R}_k}\right)}{(1 - \bar{R}_k^2)} + \frac{1.08}{2} + \frac{\beta(1 - \bar{R})}{2 \cdot \bar{h} \cdot (1 - \bar{R}_k^2)} - \frac{\beta(1 - \bar{R}^3)}{6 \cdot \bar{h} \cdot (1 - \bar{R}_k^2)} + \frac{\beta \cdot \mu_s (\bar{R} - \bar{R}_k)}{\bar{h} \cdot (1 - \bar{R}_k^2)} - \quad (7)$$

$$- \frac{\beta \cdot \mu_s (\bar{R}^3 - \bar{R}_k^3)}{3 \cdot \bar{h} \cdot (1 - \bar{R}_k^2)} + \frac{\beta \cdot \mu_s}{\bar{h} \cdot (1 + \bar{R}_k)} - \frac{\beta \cdot \mu_s \cdot (1 + \bar{R}_k + \bar{R}_k^2)}{3 \cdot \bar{h} \cdot (1 + \bar{R}_k^2)} + \frac{\beta \cdot \mu_s \cdot \bar{h}}{(1 - \bar{R}_k^2)}$$

$$\bar{q} = 1.08 \cdot \ln\left(\frac{1}{\bar{R}_k}\right) + \frac{\beta(1 - \bar{R})}{2\bar{h}} + \frac{\beta \cdot \mu_s (\bar{R} - \bar{R}_k)}{\bar{h}} + \frac{\beta \cdot \mu_s (1 - \bar{R}_k)}{\bar{h}} \quad (8)$$

где: β - коэффициент равный $\frac{2}{\sqrt{3}}$, $\bar{R} = \frac{R}{R_1}$; $\bar{R}_k = \frac{R_k}{R_1}$; $\bar{h} = \frac{h}{R_1}$

Графический анализ зависимостей (7, 8) дан на рис. 2, 3.

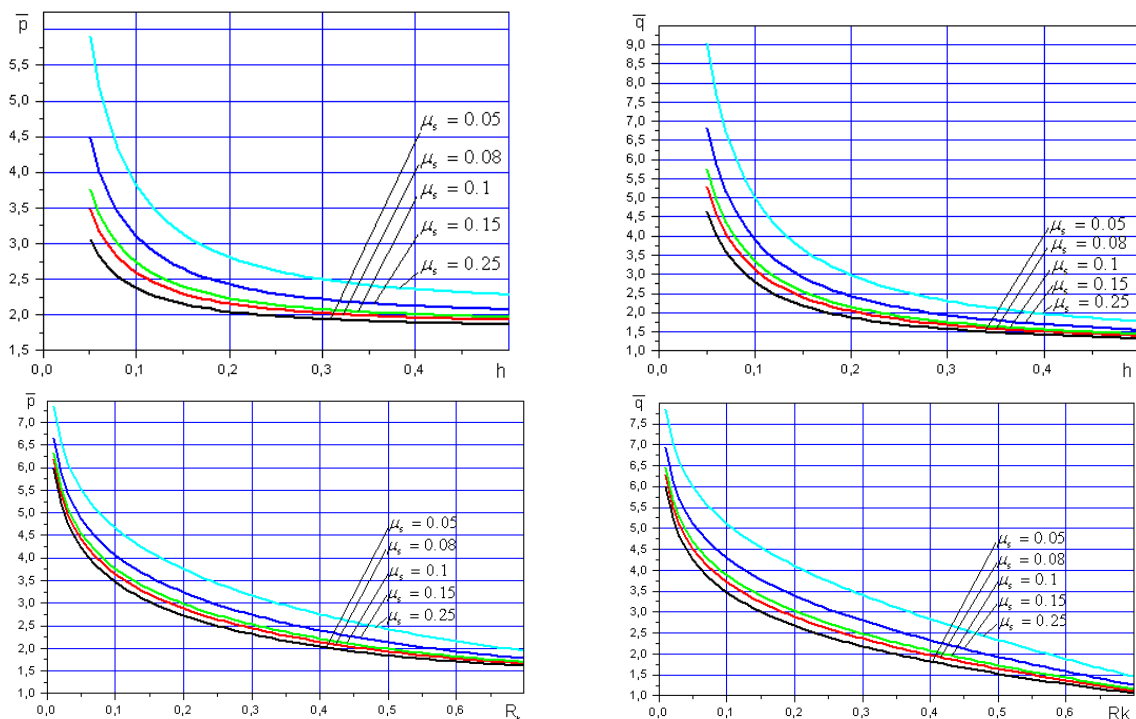


Рис. 2. Графики зависимости приведенного давления и давления на стенке матрицы от высоты фланца и радиуса фланца, полученные энергетическим методом

При снижении относительной высоты фланца h , радиуса кромки R_k , приведенное давление и давление на стенке матрицы увеличивается. В первом

случае возрастает степень деформирования при поперечном течении, а во втором - объем деформированного во фланцевой зоне металла. Также следует отметить, что при уменьшении радиуса оправки R давление возрастает из-за увеличения площади контакта металла с пуансоном.

В результате математического моделирования в пакете QForm получены графики изменения приведенного давления высадки в зависимости от различных геометрических параметров и трения, приведенные на рис. 4, 5. Граничные условия для осесимметричной задачи задавались в следующем виде:

1) Упрочнение алюминиевого материала АД31 описывалось кривой упрочнения $\sigma_s = 191,55e^{0,202}$ МПа при скорости деформации $0,25 \text{ с}^{-1}$, полученной по экспериментальным данным при осадке цилиндрических образцов; плотность материала 2800 кг/м^3 ; модуль Юнга 71000 МПа ; коэффициент Пуассона $0,3$;

2) Коэффициент трения по Леванову $0,16; 0,2; 0,5$.

3) Скорость перемещения деформирующего инструмента 1 мм/с , инструмент абсолютно жесткий.

Анализируя график зависимости приведенного давления деформирования от величины радиуса оправки R (рис. 4, а) можно сделать вывод, что с увеличением радиуса оправки приведенное давление деформирования уменьшается. Аналогичное влияние радиус оправки оказывает на усилие деформирования. Анализируя график зависимости приведенного давления деформирования от величины радиуса матрицы R_1 (рис. 5) можно сделать вывод, что с увеличением радиуса матрицы приведенное давление деформирования возрастает из-за увеличения площади контакта металла с инструментом. Аналогичное влияние радиус оправки оказывает на усилие деформирования.

Распределение деформаций по сечению заготовки представлено на рис. 4, б. Граница очага деформации ограничена параболической кривой, под которой находится недеформированная зона. Максимальные деформации сосредоточены на верхнем торце оправки.

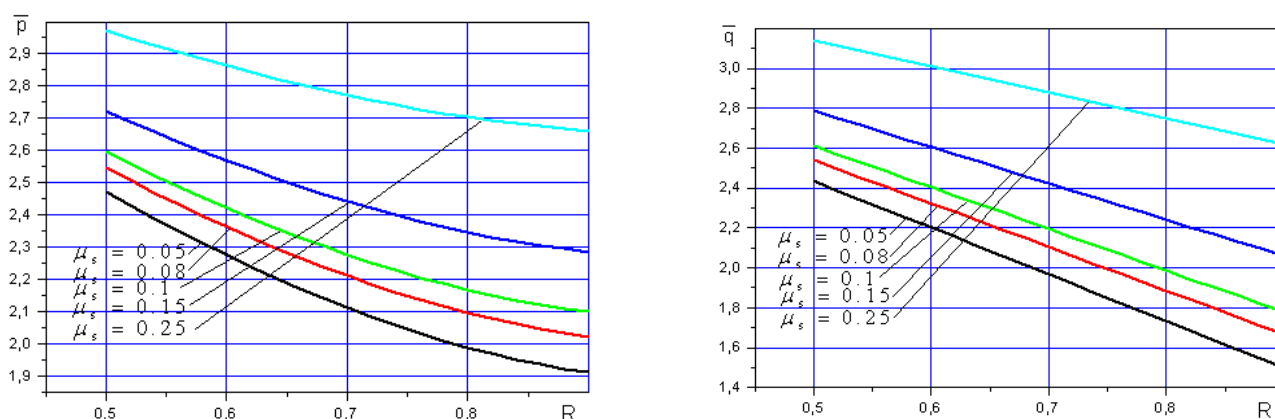


Рис. 3. Графики зависимости приведенного давления и давления на стенке матрицы от радиуса оправки, полученные энергетическим методом

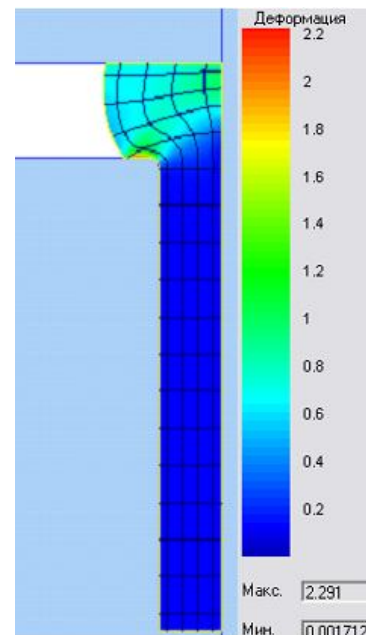
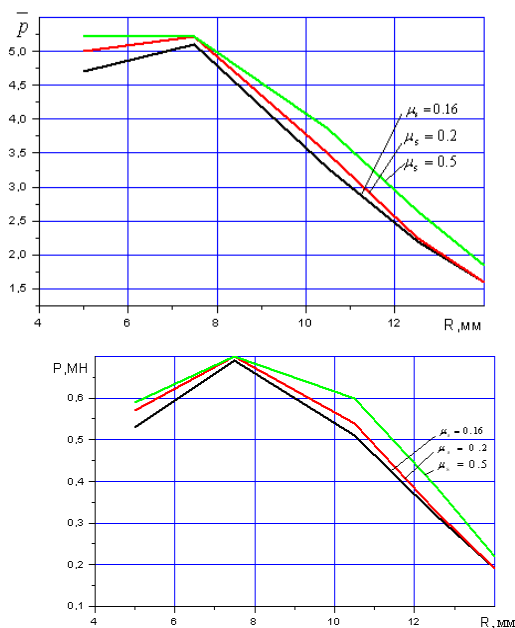


Рис. 4. Графики зависимости приведенного давления и усилия деформирования от радиуса оправки (QForm):

а) График зависимости приведенного давления деформирования от величины радиуса оправки R; б) Распределение деформаций по сечению заготовки

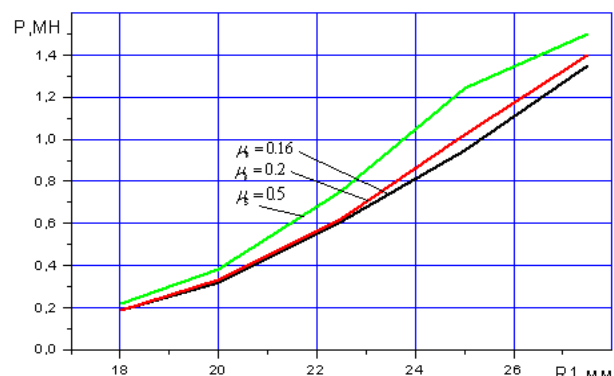
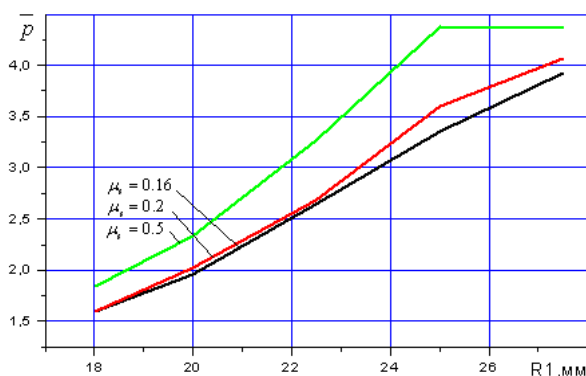


Рис. 5. Графики зависимости приведенного давления и усилия деформирования от радиуса матрицы (QForm)

ВЫВОДЫ

Энергетическим методом получены расчетные зависимости приведенного давления деформирования и давления на внутренней стенке матрице при высадке внутренних фланцев из трубчатой заготовки. Установлено влияние высоты фланца, внутреннего радиуса фланца, радиуса оправки и трения на силовые параметры процесса формообразования втулок с внутренним фланцем. Проведено конечно-элементное моделирование силового режима высадки фланца в пакете QForm. Превышение расчетных данных над экспериментальными составило для энергетического метода 8 %, для метода конечных элементов 5 %.

Список литературы: 1. Алиев И.С. Технологические возможности новых способов комбинированного выдавливания // Кузнечно – штамповочное производство. -1990. - №2. – С. 7 – 9. 2. Алиев И.С. Формообразование фланцев при холодном выдавливании осесимметричных

деталей / И.С. Алиев, Л.И. Алиева, С.В. Мартынов, И.Г. Савчинский // Удосконалення процесів та обладнання обробки тиском у металургії і машинобудуванні: Зб. наук. пр. – Краматорськ: ДДМА. – 2007. – С. 221-225. 3. Алиев И. С. Моделирование заключительной стадии радиального выдавливания / И.С. Алиев, Н.С. Грудкина, С.В. Мартынов // Ресурсозберігаючи технології виробництва та обробки тиском матеріалів у машинобудуванні: зб. наук. пр. – Луганськ: СНУ ім. В.Даля. – 2009 –С. 75-81. 4. Пат. 51884 Україна, В21J13/02. Штамп для отримання порожнистих деталей з внутрішнім фланцем / Л.І. Алієва, С.В. Мартинов, Н.С. Грудкіна; заявник і патентовласник Донбаська державна машинобудівна академія.. - № 200913740; Заявл. 28.12.2009; Опубл. 10.08.2010, Бюл. № 15. 5. Алиева Л. И. Исследование процесса формообразования фланцев на трубных заготовках / Л.И. Алиева, С.В. Мартынов, Е.А. Мясушкин, А.Г. Абашева // Обработка материалов давлением: сб. науч. тр. - Краматорск: ДГМА. - 2009. - № 2 (21). - С. 66-71. 6. Алиев И. С. Определение сил раскрытия оправки при радиальном выдавливании внутренних фланцев / И.С. Алиев, Н.С. Грудкина, С.В. Мартынов // Обработка материалов давлением: зб. наук. пр. - Краматорськ: ДДМА. - 2009. - № 1 (20). - С. 30-35. 7. Степанский Л.Г. Расчеты процессов обработки металлов давлением / Л.Г. Степанский. – М.: Машиностроение, 1979. – 215 с.

УДК 621.73

ЄВСТРАТОВ В. О., докт. техн. наук, проф., НТУ «ХП»

ЛАВРИК М. В., магістр, НТУ «ХП»

ЛИХАЧОВ М. О., магістр, НТУ «ХП»

ВИКОРИСТАННЯ ПРИНЦИПУ РОЗШИРЕННЯ ОСЕРЕДКУ ПЛАСТИЧНОЇ ДЕФОРМАЦІЇ ДЛЯ УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСІВ ШТАМПУВАННЯ

Стаття присвячена удосконаленню процесів штампування деталей типу фланців із маточинами та високих тонкостінних втулок.

Статья посвящена совершенствованию процессов штампования деталей типа фланцев со ступицами и высоких тонкостенных втулок.

The article is devoted to improvement of collar flange and high bushes mechanical working.

Принцип розширення осередку пластичної деформації сформульований на кафедрі обробки металів тиском НТУ ХП. Його суть полягає в тому, що для зменшення зусилля деформації та заповнення складних елементів ривчака треба шляхом зміни конструкції ривчака забезпечити розширення осередку пластичної деформації і його наближення до тих елементів ривчака, які важко заповнюються.

Покажемо це на двох прикладах штампування у закритому ривчаку на КГШП та відкритому ривчаку на молоті двох поширених деталей, при виготовленні яких часто спостерігається брак по незаповненню.

Деталі типу фланців із маточинами (рис. 1) виготовляють переважно на молотах у відкритому штампі.